

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication : **2 641 129**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **88 17206**

⑤① Int Cl⁸ : H 01 L 39/04, 39/12.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 27 décembre 1988.

③③ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 26 du 29 juin 1990.

⑥① Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : *BULL S.A. — FR.*

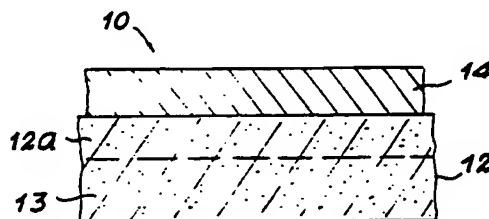
⑦② Inventeur(s) : Pierre Bernstein ; Sylvie Herpin.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Hervé Denis, Bull S.A.

⑤④ Substrat pour couche mince supraconductrice.

⑤⑦ Le substrat 12 pour couche mince supraconductrice 14
est fait d'oxyde de béryllium BeO.



FR 2 641 129 - A1

-1-

L'invention se rapporte aux dispositifs supraconducteurs du type incluant un substrat de support pour couches minces supraconductrices. L'invention s'applique notamment aux couches minces supraconductrices à température critique élevée, c'est-à-dire proche ou supérieure à la température de l'azote liquide (77 K). Les recherches actuelles sur de telles couches s'intéressent aux oxydes supraconducteurs tels que les céramiques d'oxydes métalliques de cuivre alliés à divers composés, dont la formule chimique est de la forme R-Ba-Cu-O, où R est un métal de transition ou une terre rare. L'oxyde de ce type ayant servi d'exemple a pour formule $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.

5 L'invention vise plus particulièrement l'application des couches minces supraconductrices à l'industrie électronique. Dans ce domaine, il faut des couches de dimensions relativement grandes, pour servir par exemple à l'interconnexion de composants électroniques tels que des circuits intégrés d'un processeur central d'un ordinateur. Il faut en outre des couches

10 présentant une densité de courant critique très élevée.

La formation de couches minces supraconductrices s'est faite jusqu'à présent sur des substrats monocristallins. Naturellement, le silicium a été utilisé. Les expériences sur le silicium ont révélé l'existence de nombreux

20 problèmes. Parmi les autres matériaux monocristallins, les plus connus actuellement sont le titanate de strontium SrTiO_3 , la zircone stabilisée à l'yttrium $\text{ZrO}_2(\text{Y}_2\text{O}_3)$ et l'oxyde de magnésium MgO . Cependant, les expériences faites sur tous les substrats actuels posent les mêmes genres de problèmes.

25 Le problème essentiel concerne l'interaction entre éléments du substrat et éléments de la couche mince supraconductrice adjacente. Cette interaction est due à la diffusion ou migration d'éléments à travers l'interface substrat-couche et altère les propriétés semiconductrices de la couche mince. Elle doit donc être évitée ou réduite à une valeur négligeable.

30 Cependant, la fabrication actuelle d'une couche supraconductrice sur un substrat pose d'importants problèmes de diffusion. Etant donné que la diffusion est proportionnelle à la température des matériaux, la formation actuelle d'une couche supraconductrice sur un substrat fait intervenir des

35 températures relativement élevées, supérieures à 600°C . Le plus souvent, la

- 2 -

fabrication d'une couche nécessite un recuit à une température égale ou supérieure à 850°C. Le problème se complique lorsque le matériau supraconducteur et le substrat sont tous deux des composés chimiques relativement complexes. Il faut alors qu'aucun des éléments du substrat ne
5 puisse être réduit ou altéré chimiquement par les éléments de la couche déposée. Dans le cas de l'oxyde supraconducteur à base d'yttrium, de barium et de cuivre, par exemple l'oxyde $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, il faut notamment que le substrat ne puisse être chimiquement réduit par l'yttrium.

10 Le second problème des substrats actuels est de nécessiter une structure monocristalline. Ces substrats sont coûteux, d'autant plus qu'ils font généralement intervenir des éléments rares. En outre, un cristal pur est difficile à obtenir pour des grandes dimensions qui sont requises par exemple pour l'interconnexion de composants électroniques.

15 L'invention résout ces problèmes et offre ainsi l'avantage d'obtenir une couche supraconductrice de l'ordre du micromètre, non altérée par le substrat et présentant une densité de courant critique actuellement au moins égale à 1000 A/cm² à la température de l'hélium liquide.

20 Un substrat conforme à l'invention pour couche mince d'oxyde supraconducteur est caractérisé en ce qu'il comprend de l'oxyde de béryllium.

25 Avantageusement, on utilisera l'oxyde de béryllium polycristallin.

Les avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront de la description qui suit, donnée à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés.

30

Dans les dessins :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe partielle d'un substrat conforme à l'invention, fait d'oxyde de béryllium polycristallin, supportant une couche mince supraconductrice d' $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$; et
35

- la figure 2 est un graphe illustrant les variations de la résistance électrique d'une couche supraconductrice en fonction de la variation de la température, obtenu à partir de la structure représentée sur la figure 1.

Dans la figure 1, le dispositif électronique 10 comprend un support 12 pour une couche mince supraconductrice 14. Selon l'invention, le substrat 12 comprend de l'oxyde de béryllium BeO . Dans l'exemple de réalisation, le substrat entier est de l'oxyde de béryllium polycristallin, et la couche supraconductrice 14 est de l' $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$. La couche 14 a été déposée selon une technologie bien connue de l'homme de l'art. Le mode préféré est le dépôt au canon à électrons de couches successives de fluorure de barium BaF_2 , de cuivre et d'yttrium en présence d'une faible pression d'oxygène. Les épaisseurs de ces couches ont été calculées afin d'obtenir la stoechiométrie désirée de deux atomes de barium et trois atomes de cuivre par atome d'yttrium. La figure 2 est la courbe expérimentale obtenue avec l'échantillon conforme à l'invention, ayant pour abscisses la température en kelvins et pour ordonnées une échelle relative de résistance. La courbe montre une température critique T_c de 73 K.

15

Pour cette application à l' $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, on constate que l'oxyde de béryllium n'est pas réduit par l'yttrium et qu'il demeure un substrat entièrement passif vis-à-vis de la couche supraconductrice. Les remarquables propriétés de l'oxyde de béryllium ne peuvent pas encore être expliquées. Un autre avantage de l'oxyde de béryllium est d'être très stable vis-à-vis de l'humidité. En outre, l'oxyde de béryllium polycristallin peut être appliqué à moindre prix pour des dimensions relativement grandes, de sorte qu'il est bien adapté pour l'interconnexion de composants électroniques. Cependant, pour de faibles dimensions, il peut être avantageux d'utiliser l'oxyde de béryllium monocristallin. Selon une autre variante, le substrat 12 peut avoir une structure composite, indiquée par un trait tireté dans la figure 1. Selon cette variante, le substrat 12 comprend un support 13 pourvu d'un film d'oxyde de béryllium 12a sous-jacent à la couche supraconductrice 14. Le film 12a constituerait ainsi une couche d'interface avec la couche.

30

- 4 -

Revendications :

1. Dispositif supraconducteur (10), comprenant un substrat (12) pour une couche mince supraconductrice (14), caractérisé en ce que le substrat comprend de l'oxyde de béryllium (BeO).
- 5 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'oxyde de béryllium est sous forme polycristalline.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'oxyde de béryllium polycristallin constitue dans le substrat une couche
10 d'interface avec la couche supraconductrice.
4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'oxyde de béryllium est sous forme cristalline.
- 15 5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la couche supraconductrice est un oxyde supraconducteur.
6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'oxyde supraconducteur contient de l'yttrium.
20
7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que l'oxyde supraconducteur a une formule de forme R-Ba-Cu-O, où R est un métal de transition ou une terre rare.
- 25 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'oxyde a la formule $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.

1,1

FIG. 1

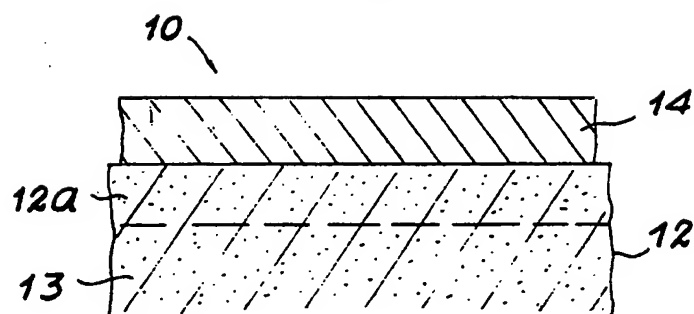


FIG. 2

